Das Vorkommen von Chitin und seine Verwertung als systematisch-phylogenetisches Merkmal im Pflanzenreich

Von

Fritz v. Wettstein

(Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Februar 1921)

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Zellmembranen bei den Thallophyten ist noch nicht weit fortgeschritten. Eine große Zahl Einzelbeobachtungen ist vorhanden, doch fehlt meist ein Zusammenhang, ein Bild, wie es uns zum Beispiel die Zusammenstellung bei Tunmann (13), p. 610 bis 612, oder bei Czapek (3), p. 629 ff., bietet. Bei der oft geringen Zahl morphologischer Anhaltspunkte, welche die systematisch-phylogenetische Forschung dieser Gruppen findet, ist es selbstverständlich, daß auch die Chemie der Membranen wie überhaupt chemische Merkmale der Zellen stärker herangezogen wurden. Ich erinnere an die starke Betonung von Stoffwechselunterschieden in der Systematik verschiedener Algengruppen. Doch sind wir in der Durcharbeitung der chemischen Zusammensetzung (ich beschränke mich jetzt auf die Zellmembran) noch lange nicht so weit, daß ihre Ergebnisse bereits in weitgehenderem Maße systematisch verwertet werden können.

Unter den verschiedenen in diesen Zusammenhang gehörenden Substanzen ist eine, die besonders gut charakterisiert ist und über die bereits eine Reihe wichtiger Untersuchungen, besonders durch van Wisselingh (18 bis 20) vorliegen, das Chitin. Nachdem durch Gilson und Winterstein [Literatur bei Molisch (11) und Tunmann (13)] sichergestellt war, daß es sich bei dem charakteristischen Membranstoff der Pilze um Chitin und um dieselbe Substanz handelt, die im Tierreich weit verbreitet ist, wurde in verschiedenen Pflanzengruppen nach dieser Zellgerüstsubstanz

gesucht und es liegen viele Angaben über ein Vorkommen vor. Die einigermaßen einwandfreien früheren Angaben seien zusammengestellt.

Flagellata: Keine sicheren Angaben.

Myxophyta: Plasmodiophora brassicae [Wisselingh (18)].

Schizophyta: Bei Bakterien und Cyanophyceen eine Reihe widerstreitender Angaben [Zusammenstellung bei Czapek (3)].

Zygophyta:
Phaeophyta: } Keine Angaben.
Rhodophyta:

Euthallophyta: Unter den Chlorophyceen *Geosiphon* [Fr. Wettstein (17)], unter den echten Pilzen bei sehr vielen Formen [Zusammenstellung bei van Wisselingh (18)].

Cormophyta: Keine einwandfreie Angabe.

Alle anderen Mitteilungen über ein Vorkommen von Chitin oder »chitinähnlichen« Substanzen, Pseudochitin usw., die sich in der Literatur besonders bei Flagellaten finden, habe ich in allen den Fällen unberücksichtigt gelassen, wo es sich um ungenaue, beiläufige Angaben über Einzelfälle aus Gruppen handelt, bei denen meine Nachprüfungen sonst niemals Chitin nachweisen konnten.

Aus dieser Zusammenstellung ergab sich die Möglichkeit, daß Chitin nur bei nichtautotrophen Thallophyten als Membranstoff auftrete und eine Abhängigkeitsbeziehung zwischen heterotropher Ernährung und Chitinbildung bestehen könnte, worauf auch das Vorkommen im Tierreich hinzudeuten schien. Ich habe zur Entscheidung dieser Frage heterotrophe Formen aus allen Gruppen geprüft, ferner auch Organe an sonst autotrophen Pflanzen, die in ihrer Ernährung sicherlich heterotropher Natur sind, wie der Gametophyt der Gymnospermen und Angiospermen. Es wurden außer Myxophyten, Schizophyten und Euthallophyten, auf die ich später näher eingehen werde, bei denen sich aber, wie gleich hervorgehoben sei, nur bei der letzten Gruppe Chitin nachweisen läßt, farblose Flagellaten in großer Zahl, Zygophyten, Rhodophyten (*Janczewskia,* und als Kontrolle verschiedene autotrophe Formen in allen Entwicklungsstadien), Phaeophyten und Cormophyten, wie *Neottia, Epipogon, Corallorhiza, Monotropa, Orobanche, Lathraea, Cytinus*, ferner Prothallien vieler Gymnospermen und Embryosäcke von Angiospermen untersucht. Weder an heterotrophen noch an irgend einem Entwicklungsstadium autotropher Pflanzen dieser Gruppen läßt sich Chitin nachweisen und die oben angedeutete Abhängigkeitsbeziehung besteht nicht.

Bei Myxomyceten und Schizophyten weichen die verschiedenen Angaben stark voneinander ab und darum will ich auf diese, gleichfalls in negativem Sinne entscheidenden Untersuchungen an diesen Gruppen näher eingehen, bevor ich die Einzelheiten innerhalb der Euthallophyten diskutiere. Vorerst sei aber ein Überblick über die mikrochemischen Reaktionen gegeben, die von van Wisselingh eingeführt, für die Erkennung dieser Substanz brauchbar sind. Es kamen ja leider nur mikrochemische Reaktionen für diese Untersuchungen in Betracht, da bei der geringen Größe der Objekte ein Isolieren der Zellwände unmöglich ist und die ungereinigte Masse der Organismen mehr Fehlerquellen bietet bei makrochemischen Methoden, denn bei mikrochemischen. Besonders bei Bakterien ist dieser Umstand wesentlich. Auf die chemische Zusammensetzung des Chitins möchte ich nicht weiter eingehen, nachdem die Analysen noch zu keiner Einigung geführt haben. Es handelt sich um ein stickstoffhaltiges Polysaccharid von geringer Reaktionsfähigkeit mit anderen Substanzen, weshalb auch die Erkennung des Chitins nur dadurch möglich ist, daß es sich durch Erhitzen mit hochprozentiger Kalilauge in Chitosan überführen läßt, das mit den verschiedensten Substanzen schöne, klar erkennbare Farbenreaktionen gibt.

Die Durchführung dieser Reaktionen ist nicht immer leicht. Sehr exaktes Arbeiten mit absolut chemisch-reinen Substanzen ist Bedingung. Dabei möchte ich von vornherein betonen, daß nur die einwandfreie Übereinstimmung einer ganzen Reihe von verschiedenen Reaktionen und einer großen Zahl gleicher Reaktionen und andauernde Kontrolle an Objekten mit sicherem Chitingehalt zu klaren Resultaten führt. Auf die Berücksichtigung dieser Fehlerquellen wird in den Büchern von Molisch (11) und Tunmann (13) immer wieder verwiesen und diese Hinweise können nicht eindringlich genug wiederholt werden. Viele der die Literatur so belastenden unrichtigen Angaben sind auf die nicht genügend kritisch angewandte mikrochemische Methode zurückzuführen, und ein als positiv angegebenes Resultat durch negative Befunde zu berichtigen, ist immer eine mißliche Sache. Ich bin bei meinen ersten Chitinuntersuchungen anfangs auch oft in die Irre gegangen, doch konnten diese Fehler immer durch kritischen Vergleich verschiedener Reaktionen vermieden und korrigiert werden. Nachdem schon früher durch van Wisselingh (18) die ausgezeichnete Chitosanreaktion mit Jod und Schwefelsäure angegeben wurde, stellte dieser Autor (19) neuerdings noch eine Reihe neuer Reaktionen zusammen, die sehr wertvolle Dienste leisten. Diese Proben beruhen alle auf der Erkennung des Chitosan. Dieses wird aus Chitin durch Einwirkung von 50 bis 60% Kalilauge während ungefähr einer halben Stunde bei gleichzeitiger Erhitzung auf 160° C erhalten. Die einzige Methode, die hier durchzuführen ist, ohne die meist zarten Objekte bis zur Unkenntlichkeit zu zerstören, ist die Erhitzung in zugeschmolzenen Röhrchen im Ölbade, wie

sie van Wisselingh öfters beschreibt (18, 19). Anfängliche Mißstände beim Zuschmelzen der Röhrchen beseitigt einige Übung. Die von Vouk (15) empfohlene Modifikation, die Objekte in konzentrierter Kalilauge offen zu kochen, ist bei gröberen Objekten, wie Teile von Hutpilzen usw., sehr gut durchführbar, für feineres Material ist sie aber unmöglich, die Objekte werden so zerstört, daß ein orientierender Zusammenhang nicht mehr zu gewinnen ist. Nach der Erhitzung wird die Kalilauge allmählich durch starken Alkohol in Abstufungen bis zu destilliertem Wasser verdrängt, der mehr oder weniger rasche Übergang richtet sich nach der Natur der Objekte. Durch Alkohol erfolgt gleichzeitig eine sehr nützliche Härtung des Materiales. Das nun in den Präparaten vorhandene Chitosan gibt folgende Reaktionen: Durch Zusatz von Jodjodkalium und einer verdünnten Säure erzielt man rotviolette Färbung. Am einfachsten ist die Verwendung von 1 bis 5% Schwefelsäure, die Konzentration darf aber nie höher genommen werden, da durch starke Konzentration der rotviolette Farbton verschwindet und anderseits schon schwach konzentrierte Schwefelsäure Zellulosereaktion erscheinen läßt, die in schwacher Form sehr ähnliche Farbtöne gibt und sehr leicht verwechselt werden kann. Durch verdünnte Phosphorsäure, Salzsäure, Essigsäure, Zitronensäure, ja sogar Kaliumbisulfat läßt sich die Schwefelsäure ersetzen, dabei treten aber alle Farbenstufen von Rotviolett bis Blauviolett auf. Eine Übereinstimmung aller dieser Proben gibt ein sehr wertvolles Kriterium [Näheres bei van Wisselingh (19)].

Von den zahlreichen anderen Reaktionen, die dieser Autor angibt, möchte ich als besonders wertvoll noch folgende, auch leicht anwendbare erwähnen. Durch Behandeln chitosanhaltiger Objekte mit Ferrocyanwasserstoffsäure und Zusatz eines Ferrisalzes oder mit Ferricyanwasserstoffsäure und einem Ferrosalz erhalten die chitosanhaltigen Stellen Blaufärbung durch die Bildung von Berlinerblau, respektive Turnbullsblau. Ferner erzielt man durch Pikrinsäure dauernde, nicht auswaschbare Gelbfärbung, durch naphthochinonsulfosaures Natrium eine Orangefärbung, die gegen verdünnte Salz- oder Schwefelsäure resistent, in verdünnter Kalilauge (5 bis 10%) dagegen in Olivgrün umgewandelt wird. Alle diese letzteren Reaktionen sind aus dem Grunde so sehr wertvoll, weil gerade die Jodschwefelsäure-Reaktionen sehr leicht zu den irreführendsten Verwechslungen mit anderen Zellwandstoffen (Amyloid, Zellulose) und vielen Zellinhaltsstoffen (Kohlehydraten), die sich an die Innenseite der Zellwände anlegen, führen, da sie ähnliche Farbtöne ergeben. Die von van Wisselingh angegebene Reinigung der Objekte durch Erhitzen in Glycerin auf 300° trägt sehr zur Vermeidung von Irrtümern bei.

Zu diesen Untersuchungen kommt noch die Prüfung des Chitins selbst, Löslichkeit in konzentrierter Salzsäure, Schwefelsäure, wobei Braunfärbung eintritt, Färbung mit Chlorzinkjod usw.

[vergl. Molisch (11) und Tunmann (13)], doch treten die Reaktionen an Bedeutung sehr zurück und sind nur als Ergänzung zu gebrauchen, immer aber muß betont werden, daß eine einzelne Reaktion wertlos ist und nur die Übereinstimmung möglichst vieler einer Kritik wirklich standhält.

Mit Hilfe dieser Reaktionen habe ich die Angaben über das Vorkommen von Chitin im Pflanzenreich möglichst vollständig nachgeprüft. Wie bereits erwähnt, waren es schließlich nur drei Gruppen, die näher untersucht werden mußten: Myxomyceten, Schizophyten und Euthallophyten.

Die Membranstoffe der Myxomyceten.

Darüber, daß in dieser Gruppe mit Ausnahme von *Plasmodiophora Brassicae* Wor. Chitin nicht nachzuweisen ist, sind sich alle Autoren [Jahn (8), van Wisselingh (18, 19)] einig. Ich selbst habe folgende Arten untersucht: *Arcyria punicea* Pers., *Comatricha nigra* (Pers.), *Fuligo septica* Gmelin, *Hemitrichia rubiformis* (Pers.), *H. clavata* (Pers.), *Lycogala epidendron* (L.), *Stemonitis fusca* Roth, *Reticularia umbrina* Bull., *Trichia contorta* (Ditm.). Bei keiner Art fand ich diese Substanz. Chitin kommt also bei Myxomyceten nicht vor. Auf *Plasmodiophora* komme ich später noch zurück. Über das Vorkommen von Zellulose finden sich von de Bary (4) Angaben für junge Zustände von *Arcyria, Lycogala* und *Trichia*, ebenso von Jahn (8) für *Comatricha* und *Stemonitis*, ferner von van Wisselingh bei *Didymium squamulosum* (Alb. et Schw.), dagegen fand letzterer bei *Fuligo septica* Gmelin (18) keine Zellulose. Ich habe die oben angeführten Arten auch nach dem Vorhandensein dieser Substanz durchgeprüft. Meist gelingt die Reaktion nicht ohne weiteres. Bei der größeren Zahl der untersuchten Arten konnte ich Zellulose nicht nachweisen. Bei *Stemonitis* und *Comatricha* aber wurden die Angaben Jahn's (8) bestätigt, daß Blaufärbung mit Jodschwefelsäure und Chlorzinkjod auftritt, doch nicht, wie Jahn bereits hervorhub, in allen Stadien, und selbst bei eintretender Blaufärbung sind die Löslichkeitsverhältnisse in Kupferoxydammoniak und konzentrierter Schwefelsäure andere, oft ganz verhindert oder unvollständig. Ob dies seinen Grund im Auftreten einer andern Modifikation von Zellulose hat, wie Jahn (p. 293) andeutet oder wie mir wahrscheinlicher vorkommt, darauf zurückzuführen ist, daß andere begleitende Membranstoffe die Zellulosereaktion verhindern, vermag ich nicht sicher zu entscheiden. Freilich gelingt es nicht durch van Wisselingh's Glycerinverfahren oder andere Mittel (Einwirkung von Chromsäure) solche Begleitstoffe zu entfernen. Anderseits erinnere ich an die Membranen der Siphoneen, bei denen auch oft die Reaktion der vorhandenen Zellulose durch andere Stoffe verhindert wird. Jedenfalls ist

überhaupt in den Membranen der Myxomyceten eine große Zahl interessanter Stoffe lokalisiert, worauf ja auch die lebhaften Farben hindeuten. Zellulose kommt also als Bestandteil dieser Membranen vor, doch spielt beim Aufbau eine andere Gruppe von Substanzen die Hauptrolle. Ich konnte feststellen, daß die Membranen dieser Pilze, des Kapillitiums, der Sporen und der Sporangienwände von Substanzen zusammengesetzt sind, die eiweißartigen Charakter tragen und wohl in die Gruppe der Keratine gehören. Sie geben die Eiweißreaktionen. Mit Salpetersäure tritt Gelbfärbung ein, Zusatz von Ammoniak färbt orangegelb, von Natriumhydroxyd braun. Die Millon'sche Probe ist deutlich und Zucker + Schwefelsäure gibt meist eine purpurne Färbung, selten mehr violett. Die starke Schwarzfärbung durch Kalilauge und Bleiacetat deutet auf den für die Keratine charakteristischen Reichtum an abspaltbarem Schwefel. Die Substanzen sind nur in heißen Laugen und Säuren löslich. Sehr störend wirken hier verschiedene Farbstoffe, die aber meistens durch sehr schwache Chromsäure oder Kaliumpermanganat + Schwefelsäure entfernt werden können. Die Zugehörigkeit zu den Keratinen scheint mir sehr wahrscheinlich und in der Verbreitung dieser Substanzen zeigt sich bei den untersuchten Formen große Einheitlichkeit. Der Stamm der Myxophyten erscheint durch die Zusammensetzung aus Keratinen, durch das Zurücktreten von Zellulose der Membranen und Fehlen von Chitin gegenüber den übrigen Pflanzenstämmen, bei denen eiweißartige Substanzen als Membranbildner fehlen, scharf charakterisiert.

Die Membranstoffe der Schizophyten.

Über die Natur der in dieser Gruppe vorhandenen Membransubstanzen gehen die Angaben sehr weit auseinander. Bei Schizophyceen fanden Hegler (7) und Kohl (10) Chitin verbreitet, dagegen bestritten van Wisselingh (18) und Wester (16) dieses Vorkommen. Dieselbe Meinungsverschiedenheit bestand auch über das Auftreten von Zellulose. Eine seither erschienene Arbeit von Klein (9) über die Chemie der Zellhaut der Cyanophyceen hat hier Klarheit geschaffen. Mehrere Arten von *Oscillatoria*, *Lyngbia*, *Schizothrix*, *Hydrocoleum*, *Scytonema*, *Tolypothrix*, *Dichothrix*, *Rivularia*, *Nostoc* und *Anabaena* wurden geprüft. Klein kommt zu dem mit van Wisselingh und Wester übereinstimmenden Ergebnis, daß Chitin bei Cyanophyceen nicht vorhanden ist. Ich konnte dies bestätigen. Die Membran besteht vorwiegend aus Pektinstoffen. Außerdem findet sich in den innersten Schichten der Scheiden von Scytonemataceen und Rivulariaceen, bei *Schizothrix* und in den Heterocysten der solche bildenden Formen Zellulose.

Im Brennpunkt des Interesses steht die Frage des Vorkommens von Chitin bei Bakterien. Van Wisselingh (20) faßt 1916 alle

hiehergehörenden Angaben neuerdings kritisch zusammen. Die meisten Angaben halten einer kritischen Prüfung nicht stand und nach neuerdings durchgeführten Reaktionen an einer großen Zahl verschiedener Bakterien kommt van Wisselingh zu seiner früheren Ansicht, daß Chitin bei Bakterien als Membranstoff fehlt, betont aber, daß die einzigen Angaben, die einwandfrei erscheinen und die für ein Vorkommen sprechen, von Viehoever (14) gemacht sind, die darum einer Aufklärung bedürfen. Dank dem überaus großen Entgegenkommen des Herrn Geheimrates Prof. Dr. A. Mayer, dem ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank sagen möchte, war ich in der Lage, an den gleichen Bakterienstämmen, mit denen Viehoever gearbeitet hatte, meine Nachprüfungen anzustellen. Ich untersuchte:

Bacillus alvei Krompecher.
» *asterosporus* A. M.
» *probatus* A. M. et Viehoever.
» *robur* A. M. et Neide.
» *sphaericus* A. M. et Neide.
» *subtilis* Cohn.
» *tumescens* Zopf.
Sarcina ureae Beijerinck.

Es war mir von vornherein wahrscheinlich, daß es sich nur um eine Fehlerquelle in der Methodik bei einem der Untersucher handeln konnte, da es doch auffallend war, daß mit der gleichen Reaktion van Wisselingh bei keiner einzigen der vielen Bakterien, die er untersuchte, Chitin nachweisen, während Viehoever bei allen Formen die Substanz finden konnte. Ich habe zuerst genau nach der Vorschrift van Wisselinghs gearbeitet und dabei ebenfalls feststellen können, daß bei der Erhitzung vollständige Auflösung der Bakterien erfolgt, sie sind unauffindbar. Jede chitinöse Membran übersteht aber diesen Prozeß leicht und ist gar nicht empfindlich, selbst wenn es sich um sehr zarte Objekte wie Mucorineenhyphen handelt. Dies spricht einwandfrei gegen die Anwesenheit von Chitin. Die Möglichkeit, mit kürzerer Einwirkungsdauer ein Verbleiben der Membranteile zu erzwingen, wie es Viehoever versuchte, scheint mir aber von falschen Voraussetzungen auszugehen.

Ich habe nun auch diese abgekürzten Verfahren vorgenommen, indem ich Kalilauge von 10% bis konzentriert, bei Temperaturen von Zimmertemperatur bis 200° und Einwirkungsdauer von fünf Minuten bis zu einem halben Jahre einwirken ließ. Immer erreichte ich dasselbe Ergebnis. War noch eine Spur der Bakterien festzustellen, ergab sich keine Chitinreaktion, war der Prozeß weiter fortgeschritten, waren die Bakterien verschwunden. Diese Prüfungen wurden mit denselben Bakterien durchgeführt, auf die sich Viehoever besonders stützt, *Bacillus asterosporus* und *probatus*. Der Autor gibt eine Reihe Farbentöne an, die bei Zusatz von

Jodjodkalium und Schwefelsäure auftreten sollten und als Chitinreaktion gedeutet wurden. Ich erhielt dieselben Erscheinungen, Farbentöne von rosa in allen Abstufungen bis dunkelrotbraun, auch ganz farblose und braune Individuen. Es war aber ein Irrtum, diese als Chitinreaktion zu deuten, denn diese Farbenreaktionen sind nicht eine Folge des Zusatzes von Jod und Schwefelsäure, sondern sie treten auch schon bei Einwirkung von Kalilauge allein auf und werden nur deutlicher durch den Zusatz von Schwefelsäure. Jodjodkalium ist dabei überhaupt nicht notwendig, ebenso wie Zusatz von konzentrierterer Schwefelsäure (50 %) diese Farbtöne dunkler und deutlicher macht, während bei der Chitinreaktion hier schon Entfärbung beginnt.

Viehoever selbst betont (p. 447), daß es unmöglich ist, das gleiche Objekt beim Durchsaugen verschiedener Lösungen immer zu beobachten. Darum konnte diese Fehlerquelle ausschlaggebend sein. Trotzdem gelingt es durch Eintrocknen auf dem Deckglas manchmal eine oder die andere Zelle dauernd zu beobachten und dann bekommt man ein einwandfreies Resultat. Diese violetten Färbungen sind also die direkte Folge einer Reaktion eines unbestimmten Stoffes mit Kalilauge, was Viehoever anscheinend auch gesehen hat (p. 447), wobei auch er angibt, daß diese Färbung nicht nur in der Membran der Sporen oder Oidien, sondern auch in den Schleimen, besonders bei *B. asterosporus* auftritt. Das Verhängnisvolle war, daß gerade ein Farbton auftrat, der mit dem der Chitosanjodschwefelsäure-Reaktion zu verwechseln war. Es mußte also diese Verwechslung einwandfrei zutage treten, wenn die anderen van Wisselingh'schen Reaktionen mit Pikrinsäure, Cyanwasserstoffsäure und naphthochinonsulfosaurem Natrium angewendet wurden, die andere Farbentöne geben. Dabei trat nie eine Chitosanreaktion auf, auch unter allen Vorsichtsmaßregeln, die Viehoever angibt, gutes Auswaschen der Kalilauge, Anwendung bester Zeiß'scher Optik bei Tageslicht usw. Das letzte Glied dieser Beweisführung, die Analyse der Substanz, die mit Kalilauge Rotfärbung gibt, muß ich leider schuldig bleiben. Ich vermute, es handelt sich um ein Produkt des Ernährungsstoffwechsels der Bakterien, worauf seine verschiedene Menge in den einzelnen Zellen und die dadurch bewirkten Abstufungen der Farben hindeuten.

Damit sind die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen über die Bakterienmembranstoffe in Einklang zu Gunsten der Annahme van Wisselingh's gebracht, daß sich Chitin als Membranstoff der Bakterien nicht nachweisen läßt. Sonst dürfte die Zusammensetzung dieser Membranen entsprechend dem polymorphen Stoffwechsel der Bakterien eine recht verschiedene sein. Am meisten scheinen »Pektinstoffe« am Aufbau beteiligt zu sein. In wenigen Fällen ist Zellulose nachgewiesen, wie bei *Bacterium xylinum* von van Wisselingh (20). Auch die Chlamydobakterien scheinen sich membranchemisch, wie die

anderen Schizophyten zu verhalten. *Beggiatoa* hat kein Chitin und keine Zellulose, wohl aber reichlich das, was unter »Pektinstoffen« vorläufig zusammengefaßt wird.

Membranstoffe der Euthallophyten.

Entsprechend der Vielgestaltigkeit der hier zusammengefaßten Typen sehen wir auch in dem membranchemischen Aufbau eine große Mannigfaltigkeit. Einheitlicher sind die Verhältnisse bei den autotrophen Chlorophyceen, bei welchen die Zellulose die Grundsubstanz der Membranbildung darstellt. Diese tritt in allmählicher phylogenetischer Entwicklung innerhalb der *Volvocales* auf. Die Polyblepharideen, viele Chlamydomonadaceen haben sicher keine Zellulosewände, dagegen ist diese Substanz bei anderen *Chlamydomonas*-Arten zweifellos vorhanden, bei Volvocaceen ist sie allgemein verbreitet. Das Auftreten der Zellulosemembran geht hier Hand in Hand mit der morphologischen Entwicklung vom Flagellatentypus zur Volvocaceenzelle. *Ulotrichales* und *Protococcales* haben einheitliche Zellulosemembranen, dagegen werden die Verhältnisse bei den *Siphonales* immer verwickelter. Die Zellulose tritt stark zurück, meist ist sie noch vorhanden und wird von anderen Stoffen verdeckt, die in immer weiterem Umfange an der Wandbildung teilnehmen. Sie sind meist unbekannter Natur. Ich erinnere an die bei *Caulerpa* und Verwandten von Correns (2) und bei Characeen von Debsky (5) gefundenen Substanzen. Doch will ich auf diese systematisch wichtigen Tatsachen nicht näher eingehen, da die Angaben noch zu vereinzelt sind. Chitin kommt bei Chlorophyceen nicht vor, mit Ausnahme von dem von mir beschriebenen Fall bei *Geosiphon*, auf den ich noch zurückkomme.

Die Membranstoffe der echten Pilze wurden zuerst von van Wisselingh genauer überprüft. Es hängt wohl mit der großen Mannigfaltigkeit morphologischer Differenzierung und physiologischen Verhaltens zusammen, daß wir bei den weiterentwickelten Pilzgruppen sehr verschiedene membranbildende Substanzen finden. Zwei Grundsubstanzen haben allgemeine Verbreitung, aber in sich gegenseitig ausschließender Vertretung, Zellulose und Chitin. Nie sind beide zusammen vorhanden. Dabei tritt Zellulose nur bei einigen Gruppen der Phycomyceten auf, aber hier streng an systematische Einheiten gebunden, bei Monoblepharideen und *Oomycetes*. Bei folgenden Formen wurde Zellulose gefunden, wobei die Angaben van Wisselinghs (18) und Petersens (12) mit aufgenommen wurden und mit *(Wi)* und *(Pe)* bezeichnet sind.

Monoblepharideae:

Monoblepharis macrandra (Lagerh.) Woronin.
» *polymorpha* Woronin.

Oomycetes, Peronosporaceae:

Cystopus candidus (Pers.).
» *Portulaccae* (Dl.) *(Wi)*.
Peronospora Alsinearum Casp. *(Wi)*.
» *arborescens* (Berk.).
» *effusa* (Grev.).
» *Ficariae* Tul.
» *Lamii* A. Braun *(Wi)*.
Phytophthora infestans (Mont.) De Bary *(Wi)*.
Plasmopara densa (Rabh.) *(Wi)*.

Pythiaceae:

Pythium Daphnidarum Petersen *(Pe)*.
» *De Baryanum* Hesse.
» *gracile* Schenk *(Pe)*.
» *proliferum* De Bary *(Pe)*.

Saprolegniaceae:

Achlya decorata Petersen *(Pe)*.
» *gracilipes* De Bary *(Pe)*.
» *oligacantha* De Bary.
» *polyandra* (Hildebrand) De Bary.
» *prolifera* Nees.
» *racemosa* (Hildebrand) Pringsh. *(Pe)*.
Saprolegnia dioica De Bary.
» *mixta* De Bary.
» *monoica* Pringsheim.
» *paradoxa* Petersen *(Pe)*.
» *semidioica* Petersen *(Pe)*.
» *Thureti* De Bary.
Leptolegnia caudata De Bary *(Pe)*.
Aplanes androgynus Archer *(Pe)*.
Apodachlya pirifera Zopf.

Ferner Arten von

Aphanomyces,
Rhipidium und
Sapromyces, alle bei Petersen (12).

Ancilystidaceae:

Lagenidium entophytum (Pringsh.).

Bei Oomyceten haben also alle Formen ausnahmslos Zellulosemembranen. Bei Monoblepharideen ist diese aber erst nach Behandlung der Hyphen und Oosporen mit konzentrierter Kalilauge festzustellen, dann tritt Blaufärbung mit Jod + Schwefelsäure, Lösung in Kupferoxydammoniak usw. ein. Hier verdecken anfangs andere Stoffe; diese geben: Braunfärbung mit Chlorzinkjod, mit Jod + Schwefelsäure, Methylenblau färbt nicht dauernd, Rutheniumrot sehr stark, heiße Salzsäure quellt, kalte läßt unverändert wie Salpetersäure, Delafield'sches Hämatoxylin färbt nicht. Chitin ist nicht vorhanden, dagegen ergab ein Vergleich mit den Membranstoffen von *Vaucheria* überraschende Übereinstimmung, nur wird diese von Rutheniumrot viel schwächer, dagegen von Safranin stark gelblichrot, *Monoblepharis* aber von Safranin fast gar nicht gefärbt. Die Angaben von Petersen (12), daß bei *Gonapodya* und *Blastocladia* Zellulose nicht vorkommt, ist vielleicht auf ähnliche Erscheinungen wie bei *Monoblepharis* zurückzuführen. Sonst findet sich Zellulose bei den Pilzen nirgends, eine unsichere Angabe van Wisselinghs bei *Rhytisma* habe ich nicht bestätigen können.

Chitin ist der Grundstoff der Membran aller höheren Pilze. Bei den Phycomyceten vertritt er die Zellulose in den Gruppen, wo diese sich nicht findet, ausnahmslos. Er kommt bei Oomyceten und Monoblepharideen nicht vor, findet sich aber bei Synchytriaceen (*Synchytrium taraxaci* De Bary et Wor.), Zygomyceten [verschiedene Arten von *Mucor*, *Pilobolus cristallinus* (Wiggers), *Rhizopus nigricans* Ehrenb., *Phycomyces nitens* (Agardh.) und *Sporodinia grandis* Scop.], *Entomophtoraceae* (*Empusa muscae* Cohn) bei allen bisher geprüften Arten, es ist keine Ausnahme bekannt. Leider war es mir nicht möglich, Material von Chytridineen zu untersuchen, die gerade in diesem Zusammenhange sehr wichtig wären.

Die Membranbildung der Ascomyceten erfolgt immer durch Chitin mit Ausnahme zweier Gruppen. Van Wisselingh hat bereits sehr viele Formen geprüft, ich habe diese möglichst ergänzt durch solche aus Gruppen, die noch ausstanden, wie *Rhizinaceae*, *Tuberineae*, *Exoascineae*, Pyrenomyceten, wie *Cordyceps* und viele andere. Ich will von einer Aufzählung absehen und nur betonen, daß bei allen Ascomyceten in allen Entwicklungsstadien, Hyphen, Konidien, Sklerotien, Fruchtkörpern usw., überall Chitin vorhanden ist, mit Ausnahme der beiden Gruppen Sacharomycetineen und *Laboulbeniaceae*. Für erstere steht dies sicher. Von der zweiten Ordnung konnte ich eine *Laboulbenia*-Art untersuchen, doch möchte ich, da das Material für eine ganz sichere Prüfung nicht reichte, diese Angabe noch mit der nötigen Reserve machen. Die Jod-Schwefelsäure-Chitosan-Reaktion fiel jedenfalls negativ aus.

Chitin ist zwar der Grundstoff der Ascomycetenmembran, aber es finden sich auch manche andere Substanzen. Wir wissen

von der Natur dieser Stoffe zu wenig, als daß ich darauf näher eingehen möchte. Sie gewinnen aber an Interesse und systematischer Bedeutung dadurch, daß sie meist an bestimmten Organen und bestimmten Stellen auftreten und mit Chitin gemeinsam die Membran aufbauen oder auch Chitin ganz vertreten können. Besonders auffallend ist die Tatsache, daß diese Substanzen vor allem in der diploiden Generation nachzuweisen sind, in den Asci und auch in den askogenen Hyphen, während die Sporenmembranen dieser Formen (haploid!) wieder aus Chitin aufgebaut sind. Auch die Konidien können häufig andere Membransubstanzen zeigen. Die Durcharbeitung ist noch nicht so weit gediehen, daß diese Substanzen schon systematisch verwertet werden könnten.

Die Basidiomyceten sind, was das Vorkommen von Chitin betrifft, gleichfalls einheitlich. Es ist auch hier die überwiegende Membransubstanz in fast allen Gruppen. Bei manchen treten wieder andere Substanzen hinzu, die neben Chitin vorhanden sind oder auch hier dieses ersetzen können. Zellulose fehlt vollständig. Bei abgeleiteteren Gruppen Polyporeen, Gasteromyceten scheint die Zahl der verschiedenen Membransubstanzen sehr groß zu sein.

Schließlich wären noch die Flechten zu besprechen. Chitin ist häufig vorhanden, selbstverständlich nur in der Pilzkomponente. Die Algen haben Zellulosemembranen, wenn sie den Chlorophyceen, »Pektinmembranen«, wenn sie den Cyanophyceen angehören. Oft sind die Pilzkomponenten den verwandten freilebenden Pilzformen auch in der Membranzusammensetzung gleich und bestehen aus Chitin. Daneben zeigt sich aber wohl, mit den eigenartigen ernährungsphysiologischen Verhältnissen im Zusammenhang stehend, ein Zurücktreten des Chitins lokaler und quantitativer Art, wofür andere Stoffe (hieher gehören van Wisselinghs Usnein und Lichenin) in großer Mannigfaltigkeit auftreten und Chitin als Membransubstanz ersetzen.

Ich habe mich bei Ascomyceten, Basidiomyceten und Lichenen beschränkt, die allgemeine Verbreitung des Chitins festzustellen und Abweichungen hievon zusammenzustellen. Da es sich in dieser Arbeit lediglich um die Verbreitung von Chitin und deren Verwertung in systematischer Hinsicht handeln soll, habe ich alle Beobachtungen über andere Stoffe unbekannter Zusammensetzung weggelassen. Anderseits habe ich auch bisher nur die beobachteten Tatsachen zusammengestellt; ich möchte nun zur systematisch-phylogenetischen Auswertung übergehen. Vorerst aber einige Bemerkungen allgemeinen Inhaltes.

Oft ist schon darauf hingewiesen worden, daß Merkmale chemischer Art in größerem Stile für systematische Zwecke herangezogen werden können, gewöhnlich werden hier Paradebeispiele, wie das Vorkommen von Inulin bei Kompositen oder Myrosin bei Cruciferen angeführt. Alle morphologischen Merkmale lassen sich

als zurückführbar vorstellen auf das Zusammenwirken einer spezifischen, chemischen Grundstruktur eines Organismus und aller einwirkenden Außenbedingungen. Die spezifische Grundstruktur ist das Konstante von Außenbedingungen Unbeeinflußte, und eine nur auf dieser fußende, phylogenetische Systematik müßte das Ideal vorstellen, da die Konvergenz im bestmöglichen Maße ausgeschaltet ist. Das sind ›Träume. Die Richtung der biologischen Eiweißdifferenzierung hat versucht, gerade diese Grundstruktur zum Ausgangspunkt ihrer Untersuchungen zu nehmen, und zwar ohne Analyse derselben durch bloße Klassifizierung der Wirkungen. Soweit man jetzt schon überblickt, sind aber die unvermeidlichen Fehlerquellen durch die völlige Unkenntnis der Substanzen, deren Wirkungen untersucht werden, so groß, daß die Ergebnisse vielfach an Verwendbarkeit für systematisch-phylogenetische Forschung weit hinter den durch vergleichend morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung gewonnenen zurückstehen.

Das Zusammenwirken der spezifischen Grundsubstanz mit den für diese Außenbedingungen ergibt einen Stoffwechselablauf, in den immer wieder neue Außenbedingungen eingreifen und der schließlich zur Organbildung führt. Die Grundstruktur ist das Konstante, die Außenbedingungen und die von ihnen abhängige Organbildung ist schwankend und je mehr bei phylogenetischen Arbeiten Teile dieses Stoffwechselablaufes zur Grundlage genommen werden, die der spezifischen Grundstruktur im Ablauf näher liegen, desto mehr können Konvergenzen ausgeschaltet werden. Diese Teile des Stoffwechselablaufes sind chemische Merkmale selbst oder die direkteren Grundlagen abgeleiteter Prozesse der Organbildung. Diese sind infolgedessen auch nicht gleichwertig, sondern je nach der Stufe des Stoffwechselablaufes, dem sie in irgend einer Weise zugehören von größerer oder geringerer systematischer Bedeutung.

Doch ist erstens der Vorteil bei der Verwertung dieser Merkmale vorhanden, daß ihre Abhängigkeitsbeziehung von Außenbedingungen experimentell leichter zugänglich ist und daß zweitens an Hand dieser experimentellen Untersuchungen ein Verständnis der Wechselbeziehungen zu gewinnen ist, das ökologischen Deutungsversuchen phylogenetischer Reihen entgegenkommt. Nicht weil diese chemischen Merkmale »exakter« sind, würden sie einen Fortschritt bedeuten, sondern weil sie in vielen Fällen im organbildenden Stoffwechselablauf der Grundsubstanz um eine mehr oder weniger große Zahl von durch Außenbedingungen beeinflußten Reaktionen näher stehen können.

Bisher habe ich die Tatsachen über die Verbreitung von Chitin und Zellulose und einiger anderer Membransubstanzen der Thallophyten zusammengestellt. Jetzt will ich die systematische Verwertung diskutieren. Wenn ich dabei auftretende chemische Verwandtschaftsbeziehungen in den Vordergrund rücke und stark

betone, soll sich dadurch, dies sei nachdrücklichst hervorgehoben, keine einseitige Überschätzung dieser Merkmale ausdrücken. Wir sind noch nicht so weit, daß wir über den Wert chemischer und morphologischer Merkmale urteilen können und es gilt vorläufig im Einzelfall abzuwägen. welchen wir mehr Wert zubilligen werden. Die hier heranzuziehenden chemischen Merkmale scheinen mir auch gewissermaßen am Ende des oben angedeuteten Stoffwechselablaufes zu stehen. Jedenfalls aber ist das Auftreten von Chitin insoferne von Wert, als es nicht direkt beeinflußbar ist. Wenn auch ein Zusammenhang mit der heterotrophen Ernährung der Euthallophyten angenommen werden muß, ist das Vorkommen vollständig konstant. Es gelingt nicht, eine zellulosefülirende *Chlorophyceae* bei heterotropher Ernährung in einen chitinführenden Organismus umzuwandeln. Diese experimentelle Prüfung ist eine Voraussetzung der Verwendung eines chemischen Merkmales, die ich für Chitin an *Chlamydomonas*-Arten *Gonium*, *Pandorina* und *Chorella*-Arten mit negativem Ergebnis durchgeführt habe. Daß ein besonderer, festgelegter Stoffwechsel bei Heterotrophen die Grundlage der Ausbildung sein muß, beweist das Auftreten von Zellulose bei den Oomyceten, bei *Polytoma* u. a.

Das wichtigste Ergebnis scheint mir zu sein, daß innerhalb der einzelnen Pflanzenstämme in der chemischen Zusammensetzung der die Zellmembranen aufbauenden Grundsubstanzen große Einheitlichkeit herrscht und die beiden Körper, Zellulose und Chitin, sich in ihrem Vorkommen mit großer Konstanz gegenseitig ausschließend vertreten können. Chitin ist im Pflanzenreich für die Euthallophyten allein charakteristisch. Zellulose tritt bei einfachen Gruppen zuerst hin und wieder auf, um dann bei fast allen Stämmen die Hauptrolle der Membranbildung zu übernehmen. Hier ist es dann nicht die Zellulose, sondern die verschiedensten Beimengungen, die den einzelnen Gruppen ein charakteristisches, membranchemisches Gepräge verleihen, Zygophyten mit starkem Hervortreten mineralischer Substanzen (Kieselsäure, Eisen usw.), Rhodophyten mit den charakteristischen Polysacchariden, welche die Grundlagen der Gallerten (Agar-Agar usw.) bilden, Phaeophyten mit Pentosanen, Methylpentosanen und anderen Substanzen, abgeleitete Chlorophyceen mit den charakteristisch zusammengesetzten Siphoneenmembranen, schließlich die Cormophyten mit einer großen, membranchemischen Mannigfaltigkeit, wobei wohl das Wichtigste das allmähliche Auftreten der Holzsubstanz ist.

Die Myxophyten sind durch sehr starkes Zurücktreten der Zellulose durchaus einheitlich gekennzeichnet, indem die starren Wände durch eiweißartige, sonst im Pflanzenreiche nicht auftretende Substanzen, Keratine?, gebildet werden, welche in den Kapillitiumfasern, Sporenwänden und Cystenhüllen überall auftreten. Die auch sonst isolierte Stellung der Myxomyceten unter den

Pflanzen kommt dadurch auch in membranchemischer Hinsicht zum Ausdruck. Es scheint mir wesentlich, daß unter den gehäusebildenden Rhizopoden (*Arcella*, *Difflugia* u. a.) nach Awerinzew (1) bei der Membranbildung die gleichen oder ähnliche Substanzen beteiligt sind, wodurch die Annäherung dieser beiden Gruppen auch von dieser Seite zu stützen ist. Aus der einheitlichen Gruppe der Myxomyceten fällt *Plasmodiophora Brassicae* Wor. stark heraus, da deren Membran zweifellos aus reinem Chitin besteht. Auch auf Grund morphologisch-entwicklungsgeschichtlicher Tatsachen wurde der Gegensatz der *Phytomyxineae* und *Myxogasteres* oft betont und so deutet alles darauf hin, daß diese Form und vielleicht alle Verwandten hier nicht ihren endgültigen Platz haben, sondern ihre Zugehörigkeit zu niederen, echten Pilzen, Chytridineen, zu erweisen ist, mit denen sie vielleicht auch vom membranchemischen Standpunkt zu vereinigen wären. Wenn sich das Vorkommen von Zellulose in den Cysten von Vampyrelliden, ferner bei *Chlamydomyxa* (Doflein, 6, p. 715 ff.) bestätigt, sind vielleicht auch hier Anhaltspunkte für eine andere, richtigere Stellung dieser ganz unklaren Formen zu gewinnen.

Das vollständige Fehlen von Chitin und seltenes Auftreten der Zellulose charakterisiert die Membranbildung der Bakterien und scheidet sie scharf von den heterotrophen Reihen der Euthallophyten. Die Grundsubstanzen scheinen bei Cyanophyceen, Bakterien und Chlamydobakterien überall »Pektinstoffe« zu sein, die aber, vielleicht im Zusammenhang mit der Mannigfaltigkeit der Stoffwechselvorgänge, vor allem bei den Schizomyceten mit verschiedenen anderen kombiniert, verdeckt oder ersetzt sein können, unter denen auch Zellulose auftreten kann, bei Cyanophyceen in den Heterocysten und bei einzelnen Formen in der Innenschicht der Hüllgallerte, ferner bei *Bacterium xylinum* u. a. Die Einheitlichkeit im Fehlen von Chitin ist aber so groß, daß ich sogar glaube, bei strittigen Formen wie Mycobakterien könnte man die Zugehörigkeit zu Bakterien oder Pilzen auf diesem Wege zu entscheiden versuchen.

Wenn wir auch über das verbreitete Vorkommen der Zellulose bei Chlorophyceen bereits einen Überblick haben, fehlt uns dieser vollständig im Hinblick auf jene Substanzen, die bei der Membranbildung der Siphoneen beteiligt sind. Hier ist Klarlegung sehr wichtig, da ein Vergleich dieser und bei einzelnen Phycomyceten auftretender Substanzen für die systematische Gruppierung gerade dieser letzteren sicher sehr wertvoll wird. Chitin kommt bei den Chlorophyceen mit einer Ausnahme nicht vor. Auch heterotrophe Formen, wie *Polytoma* und experimentell heterotroph gezogene *Volvocales*, verhalten sich ebenso. Zellulose tritt eben bei den ersten Anfängen einer Membranbildung bei Chlamydomonadaceen bereits auf und verschwindet erst bei den abgeleitetsten Typen mehr oder weniger. Ist dieser Körper der Membranstoff

der autotrophen Reihe, so ist es Chitin in der heterotrophen der Pilze. Hier tritt es bei den Ascomyceten und Basidiomyceten beherrschend hervor, bei den einfacheren Gruppen, den Phycomyceten, sind Übergänge in der Form vorhanden, daß einmal Zellulose, bei andern Chitin erscheint, bei der großen Mehrheit aller Pilztypen überwiegt aber letzteres und wird auch hier wieder bei abgeleiteten Typen durch andere Stoffe verdeckt oder ersetzt.

Die Teilung durch das Vorkommen von Chitin und Zellulose ist bei den Phycomyceten sehr scharf. Die Oomyceten (ohne Ausnahme!) haben Zellulosemembranen, die Zygomyceten Chitin! Da erstere Substanz membranchemisch nach ihrem Vorkommen bei älteren oder jüngeren Typen ursprünglicher, letztere abgeleitet zu sein scheint, will ich daraus schließen, daß es sich bei den Oomyceten und Monoblepharideen um jüngere direktere Abkömmlinge von Chlorophyceentypen handelt, bei denen Stoffwechselvorgänge vorliegen, die etwa auf ähnlicher Stufe wie *Polytoma* stehen. Es ist wichtig, daß gerade bei diesen Formen auch morphologisch und ökologisch einfachere Merkmale auftreten, wie bewegliche Fortpflanzungsorgane (Zoosporen und Spermatozoiden der Monoblepharideen), einfache Eibefruchtung, die an Vorgänge wie bei Siphoneen stark erinnert, häufiges Wasserleben. Eine vergleichende Untersuchung der Begleitstoffe ergibt sicher auch Anhaltspunkte für die Gruppen von Chlorophyceen, denen diese Pilze nahestehen, für die Monoblepharideen, glaube ich, deutet die ähnliche Membranzusammensetzung mit *Vaucheria* bereits in diese Richtung, was morphologisch auch begründet ist. Daß sich anderseits innerhalb dieser Pilze auch Formen finden, die ihren Ursprung von ähnlichen Pilzen nahmen, wobei eine morphologische Abänderung mit einem gleichbleibenden, die Membranbildung bedingenden Stoffwechsel kombiniert sein kann, darauf scheinen mir die *Ancylistidales* hinzuweisen.

Daneben aber finden sich unter den Phycomyceten Gruppen ganz anderer Organisation, die Zygomyceten und *Synchytriaceae*, deren Membran ohne Ausnahme aus Chitin gebildet wird. Es muß eine lange, vollständige Umprägung der Stoffwechselvorgänge vor sich gegangen sein und diese drückt vom membranchemischen Standpunkt diesen Gruppen den Stempel alter Typen auf, die meiner Meinung nach scharf von den jüngeren Gruppen zu trennen sind. Dabei soll dies nicht so zu verstehen sein, daß dadurch innerhalb dieser Chitintypen eine einheitliche Gruppe entsteht, die untereinander in direkter Beziehung stehen, sondern es handelt sich auch um die Zusammenfassung von verschiedenen von Chlorophyceen ehemals abgezweigter Typen, die aber bereits ausgeprägten Pilzcharakter haben, während der Chlorophyceencharakter stark zurücktritt. Es bleibt dann der Entscheidung nach andern Merkmalen überlassen, mit welchen Organisationsstufen der autotrophen Reihen man die Glieder dieser heterotrophen Pilze

zusammenbringt. Für die *Synchytriaceae* wird dies leichter gelingen, sie mit Protococcaceen in Zusammenhang zu setzen. Dagegen bilden die Zygomyceten eine isolierte Gruppe (Gametangien-Kopulation, kein einziger Flagellatenzustand, keine im Wasser lebenden Formen). Vielleicht bringt hier die Gruppe der Chytridiaceen Aufschluß, die ich leider noch nicht berücksichtigen kann. In diesem Zusammenhang möchte ich auch *Geosiphon* erwähnen, dessen Chitinmembran und sonstigen reduzierten Merkmale (Fehlen jeder Zoosporen- oder sexuellen Fortpflanzung) jedenfalls auch auf einen alten Abkömmling der Chlorophyceen schließen lassen, für den aber entprechend dem siphonalen Bau eine Beziehung zu Chlorophyceentypen (Siphoneen, *Botrydium*) leichter zu finden ist. Zusammenfassend haben wir unter den bisherigen Phycomyceten 2 Gruppen:

Heterotrophe Formen mit Betonung des Algencharakters (heterotrophe Algen), jünger abgezweigte Typen mit Zellulosemembranen und irgend einem Flagellatenstadium *(Monoblepharideae, Oomycetes).*

Heterotrophe Formen mit Betonung des Pilzcharakters (heterotrophe Pilze), lange abgezweigte Typen mit Chitinmembranen und meist keinem Flagellatenstadium *(Synchytriaceae, Zygomycetes).*

Die *Ascomycetes* beginnen bei den niedersten Formen bereits mit Chitinmembranen und deren Vorläufer dürften daher auch in solchen zu suchen sein, mucorineenartige Typen, worauf die Andeutung eines antithetischen Generationswechsels bei *Phycomyces* auch hinweist. Die Ascomyceten sind membranchemisch im allgemeinen einheitlich, auf das Hervortreten von anderen Membransubstanzen, besonders in der diploiden Generation, das mir systematisch von Bedeutung erscheint, habe ich bereits hingewiesen. Ich möchte hier nur noch kurz auf zwei Ausnahmen unter den Ascomyceten eingehen, *Sacharomycetineae* und *Laboulbenieae.* Von beiden wissen wir nur, daß kein Chitin in den Membranen vorkommt, ich bin überzeugt, daß die kritische Stellung gerade der letzteren Gruppe von membranchemischen Merkmalen eine Klärung erfahren könnte, leider war mein Material dazu viel zu spärlich. Über die Basidiomyceten ist in diesem Zusammenhange nicht viel zu diskutieren. Chitin spielt als Membransubstanz die Hauptrolle, nur möchte ich auch hier nachdrücklichst darauf hinweisen, daß mit fortschreitender Differenzierung verschiedene neue Substanzen auftreten (Polyporeen, Gasteromyceten), die in systematischer Verwertung sehr bedeutungsvoll sind.

Damit will ich schließen, ich wollte zeigen, daß die Membranchemie in der Systematik der Thallophyten sehr wertvoll ist und habe versucht, auf diesem Wege mit der Verwertung des Chitins zu beginnen.

Schließlich sei es mir gestattet, allen denen, die mich bei meinen Arbeiten in zuvorkommendster Weise mit Material unterstützten, insbesondere Herrn Prof. P. Claussen, Herrn Geheimrat A. Mayer, Herrn Dr. H. Neumayer und Herrn Kustos Dr. Wagner, meinen besten Dank zu sagen.

Literaturverzeichnis.

1. Awerinzew, S., 1907, Die Struktur und die chemische Zusammensetzung der Gehäuse bei den Süßwasserrhizopoden. Archiv für Protisterunde, VIII, p. 95.
2. Correns, C., 1894, Über die Membran von *Caulerpa*. Ber. der Deutschen bot. Ges., 12, p. 355.
3. Czapek, F., 1905, Biochemie der Pflanzen, Jena.
4. De Bary, A., 1884, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien, 2. Aufl.
5. Debsky, B., 1898, Weitere Beobachtungen an *Chara fragilis* Desv. Jahrb. für wiss. Bot., XXXII.
6. Doflein, F., 1916, Lehrbuch der Protozoenkunde, 4. Aufl.
7. Hegler, R., 1901, Untersuchungen über die Organisation der Phykochromaceenzelle. Jahrb. für wiss. Bot., XXXVI.
8. Jahn, E., 1899, Zur Kenntnis des Schleimpilzes *Comatricha obtusata* Preuss. Festschrift für Schwendener, Berlin.
9. Klein, G., 1915, Zur Chemie der Zellhaut der Cyanophyceen. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss., Wien. 124. Bd., Abt. I.
10. Kohl, G., 1903, Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle, Jena.
11. Molisch, H., 1913, Mikrochemie der Pflanze, Jena.
12. Petersen, H. E., Studier over Ferskvands-Phycomyceter. Botanisk Tidsskrift, 29. Bd., Kopenhagen.
13. Tunmann, O., 1913, Pflanzenmikrochemie, Berlin.
14. Viehoever, A., 1912, Über den Nachweis von Chitin bei Bakterien. Ber. der Deutschen bot. Ges., XXX.
15. Vouk, V., 1915, Zur Kenntnis der mikrochemischen Chitinreaktion. Ber. der Deutschen bot. Ges. XXXIII.
16. Wester, D. H., 1909, Studien über das Chitin. Archiv der Pharmacie, CCXLVII.
17. Wettstein, Fr. v., 1915, *Geosiphon* Fr. Wettst., eine neue interessante Siphonee. Österr. bot. Zeitschrift.
18. Wisselingh, C. v., 1897, Mikroskopische Untersuchungen über die Zellwände der *Fungi*. Jahrb. für wiss. Bot., XXXI.
19. Derselbe, 1915, Über die Anwendung der in der organischen Chemie gebräuchlichen Reaktionen bei der phytomikrochemischen Untersuchung. *Folio microbiologica*, III.
20. Derselbe, 1916, Over het onderzoek naar het voorkomen van chitine en cellulose bej bacteriën. Pharmaceutisch Weekblad, Nr. 33 und 34.
